

III-PS2 定載荷速度下のベントナイト粘土の圧密挙動

東海大学 福江正治 直江和之 中村隆昭
 昆野明広 荻野秀樹

1. まえがき 土を圧密する方法として、載荷条件から大きく次の3つに分けられる。

①死荷重載荷（標準圧密）、②定ひずみ条件、③定載荷速度条件

このうち、定載荷速度とは単位時間あたり荷重を一定の割合で増やすことを意味する。これは応力制御試験の一種である。本研究では、比較的ゆっくりとした定載荷速度でベントナイトを圧密した結果について報告する。

2. 試験方法および試料 土をゆっくりと圧密すれば、圧密が終了するまで長時間を要し、その意味では土質試験として適当ではない。しかしながら、現場において必ずしも急速圧密条件とはならないので、そのような条件下の土の圧密挙動や特性を十分把握しておく必要がある。本研究では標準試験に用いる圧密箱を改良し、供試体底面で間隙水圧が測定できるようにした。したがって、この方法は片面排水条件である。また、古いレバー型圧密試験機のレバーの先に容器を取り付け、医療用点滴セットを用いて水滴をその中に溜めることによって荷重を増やす方法を採用した¹⁾。この方法では、最小で $0.02\text{gf/cm}^2/\text{min}$ 程度の載荷速度が得られる。

本研究に用いたベントナイトの特性を表-1に示す。その粉末ベントナイトを蒸留水でよく練り混ぜ、スラリー状にしたものを圧密箱に流し込んで供試体とした。

なお、載荷速度の影響を調べるため、今回は載荷速度として 1.8 および $0.105\text{gf/cm}^2/\text{min}$ を用いた。初期含水比はそれぞれ 420 および 456% であり、液性限界より約 100% 高い値である。

表-1 ベントナイトの特性

土粒子密度(g/cm^3)	2.58
液性限界(%)	346.5
塑性限界(%)	29.6
$< 2\ \mu\text{m}$ (%)	67
$< 5\ \mu\text{m}$ (%)	78
$> 74\ \mu\text{m}$ (%)	2

3. 結果および考察 図-1に圧密試験結果として、全応力に対する間隙比、変位速度および過剰間隙水圧の変化を示す。なお、過剰間隙水圧は、その平均値として供試体底面で測定された値の $2/3$ とした。

速い載荷速度では、図-1に示すように過剰間隙水圧は全応力 が約 3kgf/cm^2 になるまで徐々に上昇し、その後徐々に減少する。

発生した最大過剰間隙水圧は約 1kgf/cm^2 であった。なお、間隙水圧の上昇過程において、全応力に対する間隙水圧の割合 (u/p_T) を百分率で表すと、載荷初期において約 60% 、その後徐々に減少して約 30% になる。一方、間隙水圧の減少過程では、その割合は約 30% から最終的に 0 まで減少する。したがって、この圧密過程の前半は強制排水によると思われる。変位速度は圧密初期において大きく、不連続な変化を示す。また、その値は間隙比の減少とともに小さくなる。

遅い載荷速度では、図-1に示すように発生した過剰間隙水圧の最大値は約 $0.16\ \text{kgf/cm}^2$ である。この値は載荷速度が速い場合に比べて小さい。したがって、この圧密は過剰間隙水圧による排水過程というよりも二次圧密の要素が強い。また、全応力が約 5kgf/cm^2 になると、間隙水圧はほとんど発生しなくなる。これは、土の最小間隙比 (図-2の k 点) に到達し、圧密の第4エネルギー系に入るためと考えられる²⁾。この速度での圧密の場合、変位速度は小さく最大で約 0.0025cm/min である。

載荷速度の違いによって、 $e-\log p$ 関係は図-2のようになる。なお、圧力は有効応力で表示した。図-2に見られるように、載荷速度が速いと $e-\log p$ 曲線は右寄りとなる。また、載荷速度が遅いと、荷重が小さい範囲で曲線は不連続に変化し、標準圧密試験から得られる圧縮曲線とは大きく異なる。これは試料の間隙比が極めて大きいことによって、土のマイクロ破壊 (局部せん断と似ている) が生じることを示している。このほか、間隙比が比較的小さい範囲で、図-2に矢印で示したように圧縮曲線の折れ曲がる点がある。これについては、土のエネルギー系の変化から捉えることができるとと思われる²⁾。速い載荷速度では、 J 点がちょうど間隙水圧が上昇して、減少過程に移る点と一致する。

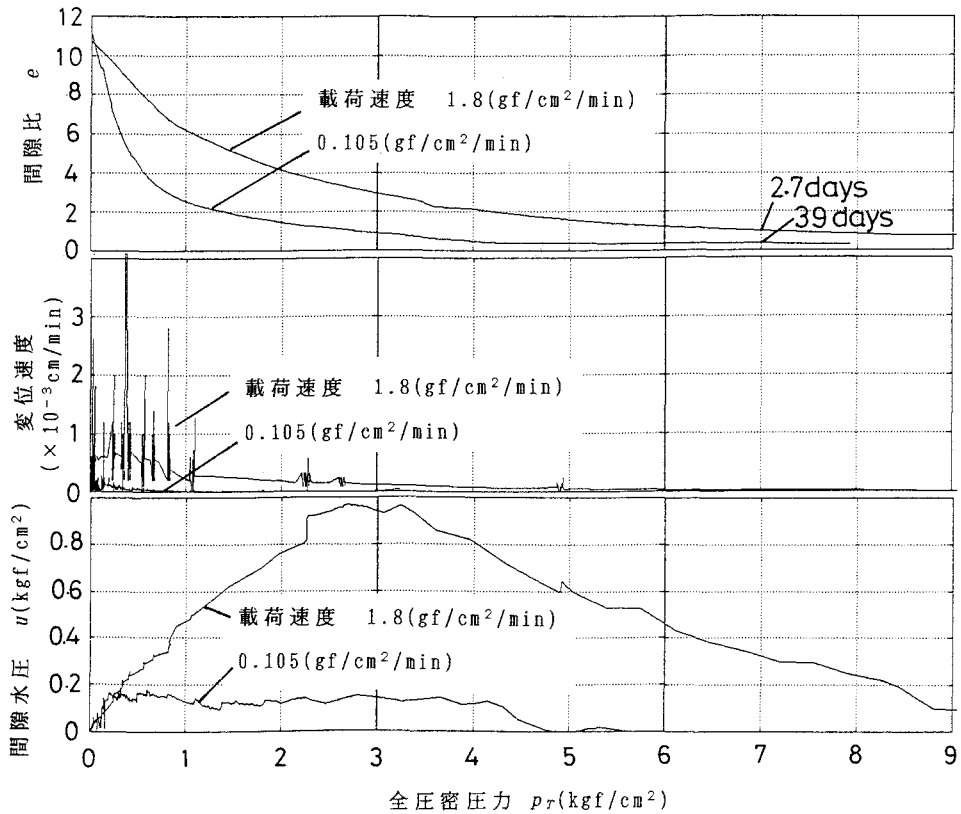


図-1 定載荷速度圧密試験における間隙比、変位速度および間隙水圧の変化

もう一つ重要なことは、図-2の速い載荷速度の圧縮曲線で従来の圧密降伏応力を求めても余り意味を持たないことである。その点は圧密降伏応力ではなく、圧力を対数目盛りにとったために現れる変曲点に過ぎない。実際、その点を図-1の間隙比の変化図に示してみれば降伏点ではないことが明らかである。

4. 結 論 土を定載荷速度で圧密すると、速度が大きいほど高い過剰間隙水圧が発生するのは当然であるが、それほど小さい速度でなくとも、発生する間隙水圧が無視できるほど小さくなるのが考えられる。現場における沈下速度や沈下量の予測のためには、このような圧密過程をさらに詳しく調べるが必要と思われる。

<参考文献>

- 1) 福江ほか(1993)定載荷速度圧密における粘土の変形挙動、第28回土質工学研究発表会。
- 2) 福江・中村・風間(1993)海底粘性土のエネルギー系と自然圧縮、第28回土質工学研究発表会。

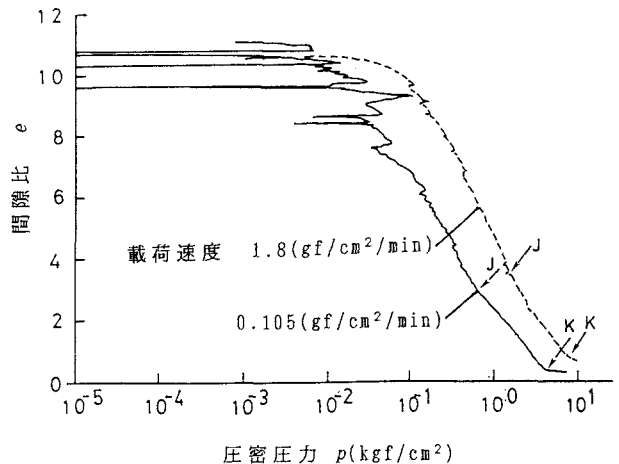


図-2 $e-\log p$ 曲線